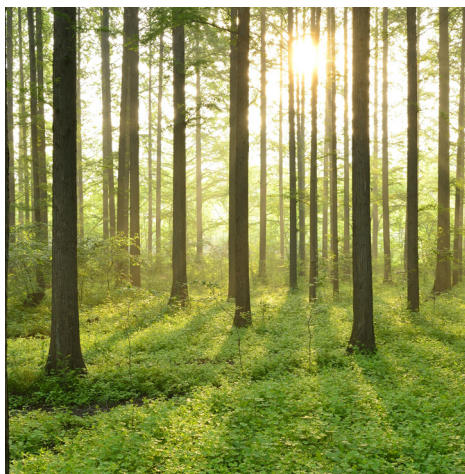


GASENS ROLL I DET FRAMTIDA ENERGISYSTEMET

RAPPORT 2015:183



ENERGIGASER OCH
FLYTANDE DRIVMEDEL



Gasens roll i det framtida energisystemet

Ett komplement till IVA:s rapportering Vägval El

**ANNA-KARIN JANNASCH
MARTIN RAGNAR**

ISBN 978-91-7673-183-3 | © 2015 ENERGIFORSK

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Denna rapport togs fram under hösten 2015 av Energiforsk AB på uppdrag av och i nära samarbete med E.ON Gas AB, E.ON Värmekraft AB, Göteborg Energi AB, Södra skogsägarna ek. förening, Swedegas AB samt Siemens Industrial Turbomachinery AB. Syftet och målet med den aktuella rapporten är att beskriva den potentiella rollen som gas kan spela i det framtida svenska energisystemet. Detta har gjorts genom inhämtande och analys av fakta och relevanta exempel från Sverige och omvärlden. Studien avses kunna föda Vägval El och därmed utgöra ett viktigt komplement till dennes övrig rapportering till Energikommisionen. Till projektet var en referensgrupp knuten bestående av:

Anna-Karin Jannasch, Energiforsk (författare till rapporten)

Martin Ragnar, Energiforsk (författare till rapporten)

Björn Fredriksson Möller, E.On Gas Sverige AB

Lars Gustafsson, Swedegas AB

Mattias Wesslau, Swedegas AB

Johan Zettergren, Swedegas AB

Eva Gustafsson, Södra skogsägarna ek. förening

Roine Morin, Södra skogsägarna ek. förening

Bengt Gudmundsson, Siemens Industrial Turbomachinery AB

Elin Löfblad, Siemens Industrial Turbomachinery AB

Ann-Marie Lindell, Göteborg Energi AB

Andreas Rydboo, Göteborg Energi AB

Sammanfattning

I takt med att kärnkraften fasas ut och intermittent kraft byggs växer också behovet av tillförlitlig och konkurrenskraftig effektkraft och/eller energilagring. Mycket pekar på att gasen i Sverige, inte minst den av förnybart ursprung, skulle kunna bidra med dessa, men också flera andra, viktiga tjänster som det framtida energisystemet så väl behöver. Denna rapport syftar till att beskriva de här olika tjänsterna och därmed också den potentiella roll som gasen kan spela i vårt energisystem framöver.

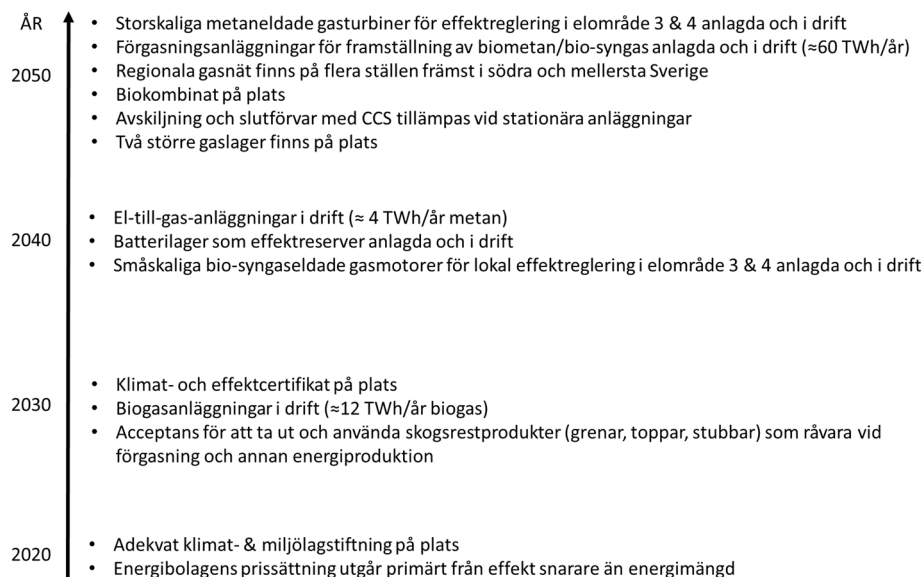
Rapporten pekar på att gas år 2050 kommer att kunna spela en mycket viktig roll för effektbalansen i första hand i dagens elområde 3 och 4 i södra Sverige. Detta gäller alltså vid en tid då kärnkraften är avvecklad och energiförbrukningen i samhället i stort är kvar på en nivå liknande den som gäller idag. Om gasen finns med som en viktig komponent i energisystemet innebär detta också att gasen bidrar med ett antal andra s.k. energisystemtjänster till det hållbara samhället. En av dessa är att gassystemet i sig utgör ett stort energilagring i kontrast till vad som exempelvis gäller för det elektriska ledningsnätet. I det svenska energisystemet år 2050 spelar vattenkraften en central roll, men den kompletteras också med stora mängder elproduktion från väderberoende källor, såsom vindkraft och solkraft. Väderberoendet innebär också en stor utmaning att hantera när vädret är sådant att elproduktionen blir låg samtidigt som efterfrågan på el är hög. I det läget är gasen ett utmärkt komplement av flera skäl. Gas brinner särskilt rent och ger därför minimala utsläpp av miljöskadliga ämnen. Därtill är gasturbiner, gasmotorer och bränsleceller, i vilka själva elproduktionen sker, väldigt snabba att starta och stoppa på ett sådant sätt att väderberoendet kan pareras nära nog i realtid på ett särdeles effektivt sätt.

Förnybar gas produceras redan idag i Sverige i stor skala, men potentialen att öka den inhemska produktionen är mycket stor – ca 30 gånger mer förnybar gas än idag skulle kunna produceras år 2050. Sådant produktion sker givetvis med beaktande av svensk miljölagstiftning såväl som social lagstiftning samtidigt som arbetstillfällen tillskapas och i många fall så i glesbygden.

För att gasen ska kunna spela ovanstående viktiga roll i det svenska energisystemet år 2050 krävs att alla goda krafter drar åt samma håll. Industrin måste på ett ekonomiskt hållbart sätt klara av att investera i produktionsanläggningar men också i logistiksystem och elproduktionsanläggningar. Staten har också en viktig roll att spela. Den måste utveckla lagstiftning, introducera certifikatsystem för såväl klimat som för effekt och lämna stöd till forskning och utveckling, men också inrätta särskilda investeringsstöd till pionjäranläggningar som byggs i stor skala för första gången. Även prissättningsmodeller baserade på effekt måste utvecklas i samråd med industrin för att visionen om det hållbara energisystemet med gasen som nyckeln år 2050 ska kunna infrias.

I rapporten konstateras att ordet gas ofta refererar till det kemiska ämnet metan som vid normal temperatur och tryck föreligger i gasform. Men också andra energirika gasblandningar ryms i begreppet, såsom vätgas samt blandningar av vätgas och kolmonoxid, så kallad syngas. Metan kan framställas på olika sätt för kommersiell användning i stor skala – genom utvinning ur marken (naturgas), genom biokemisk nedbrytning av organiskt material (deponigas/biogas), genom termisk förgasning och bränslesyntes och genom att med el sönderdela vatten och sedan syntetisera metan. Tillgången till restprodukter och avfallsströmmar för framställning av biogas genom

rötning och/eller förgasning är begränsad, varför det finns en teoretisk potential för hur mycket gas respektive teknologi i praktiken skulle kunna framställa i ett visst geografiskt område. För processen där billig el används finns ingen egentlig övre gräns, utan begränsningen där är istället av rent ekonomisk natur.



Figur 1 Några centrala komponenter i det framtida svenska gassystemet och när i tiden de förväntas vara på plats.

Innehåll

1	Vad är gas?	7
2	Så framställs gas	8
2.1	fossil gas	8
2.2	Förnybar gas	8
2.2.1	Biogas från anaerob nedbrytning	8
2.2.2	Termisk förgasning	9
2.2.3	El-till-gas	11
3	Gasens klimat- och miljönytta	13
4	Gasens potential	14
5	Elproduktion med gas	16
5.1	Småskalig elproduktion med gas	16
5.2	Storskalig elproduktion med gas	18
5.3	Stor- och småskalig gaskraft – sammanfattning av prestanda och kostnader	20
5.4	Varför göra gas av biobränsle och inte bara elda upp det direkt?	21
6	Gaslogistik och energilagring i ett gassystem	23
6.1	Transport	23
6.2	Energilagring	23
7	Energisystemtjänster	25
7.1	Vad är en systemtjänst?	25
7.2	Gasens energisystemtjänster	25
8	Gasens roll år 2050 och vägen dit	27
8.1	Energisystemet år 2050	27
8.2	Gasens roll	28
8.3	Gasens ursprung	28
8.4	För att kunna komma dit	29
8.5	Vägen till 2050	30
9	Efterfrågan på gas från andra sektorer	31
10	Bilaga	32

1 Vad är gas?

SAMMANFATTNING

Inom energiområdet betecknar begreppet gas ett eller flera energirika ämnen som vid rumstemperatur och atmosfärstryck befinner sig i gasform. I dagligt tal menar man vanligtvis en gasblandning bestående av huvudsakligen metan (mer än 95 %).

Materia förekommer vid de temperaturnivåer vi normalt kommer i kontakt med i tre olika former – i fast form, i flytandeform och i gasform. Alla ämnen kan i princip föreligga i dessa tre olika former. Vatten finns som bekant i fast form i form av is, i flytande form som just vatten och i gasform som (vatten-)ånga. Begreppet "gas" är därför väldigt brett. I praktiken används begreppet gas inom energiområdet för att beteckna ett eller flera energirika kemiska ämnen som vid rumstemperatur och atmosfärstryck befinner sig i gasform. Människans nyttjande av sådan gas för sina ändamål sträcker sig tillbaka till den industriella revolutionens allra första tid då s.k. lysgas började framställas för belysning av gator i staden. Den första sådana lysgasen framställdes i England under de allra första åren på 1800-talet. Lysgasen framställdes centralt och distribuerades i en infrastruktur – ett ledningsnät – vilket har identifierats som det första moderna tekniska systemet och infrastrukturen i staden (*källa: Stadens Ljus, Arne Kaijser, Linköpings universitet 1987*). Lysgasen framställdes genom termisk sönderdelning av kol eller olja, vilket resulterade i en blandning av bl.a. vätgas, kolmonoxid, metan och andra kortare kolväten samt koldioxid. Lysgasen fick med tiden nya användningsområden och ändrades såväl till namn som sammansättning till stadsgas. Idag menar man med gas' vanligtvis en gasblandning huvudsakligen (mer än 95 %) bestående av det kemiska ämnet metan. Modern teknik har sedan några decennier gjort det kommersiellt möjligt att kondensera metan till flytande form och förvara den så över tid vid $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$. Gasen har därmed inte blivit flytande – utan metanet har bytt aggregationstillstånd från gasform till flytande form.

2 Så framställs gas

SAMMANFATTNING

- Gas kan ha fossilt eller förnybart ursprung.
- Den vanligaste formen av fossil gas är naturgas.
- Förnybar gas såsom biogas kan framställas via rötning, förgasning och el-till-gas, varav rötning idag är den vanligaste och mest mogna tekniken.

2.1 FOSSIL GAS

De vanligaste fossila gasen är naturgas. Den naturgas som idag utvinns i världen bildades för någonstans mellan 50 och 400 miljoner år sedan av döda organismer som långsamt och syrefattigt brutits ned i underjorden och där gasen fångats upp i porösa berglager djupt nere i marken samt i havsbotten. Naturgas påträffas vanligtvis tillsammans med olja. När man borrar och stöter på en fyndighet kan olja och gas ofta tränga upp till ytan genom självtryck, s.k. konventionell gasutvinning. I takt med att teknikutvecklingen gått framåt har också s.k. icke-konventionell gasutvinning blivit alltmer kommersiellt intressant. Det mest kända exemplet är skiffergasutvinningen i USA, som nu revolutionerar den globala gasmarknaden (källa: ÅF-rapport "Skiffergas i världen – dagens spridning och framtida potential, 2014). Men även i Sverige har man i vissa regioner såsom Skåne och Östergötland identifierat skiffergasreserver och skiffergas har historiskt också utvunnits i Sverige under ett tjugotal i Kvarntorp söder om Örebro med start i början av 1940-talet. I modern tid har undersökningar kring skiffergas stannat vid enstaka provborringar då det i Sverige, i likhet med många andra europeiska länder, finns en stark opinion emot den teknik (hydraulisk spräckning) som idag i så fall skulle tillämpas vid utvinningen. I Sverige används idag ca 14 TWh naturgas (2014), som till största delen härstammar från de danska Nordsjöfälten.

En annan vanlig fossil gas är gasol. Gasol är ett handelsnamn på en gasblandning bestående av mestadels butan och propan. Gasol finns naturligt i och utvinns från både naturgas och råolja. I Sverige används idag ca 3 TWh gasol (2014), mestadels inom industrin.

2.2 FÖRNYBAR GAS

Det finns olika tekniker för att framställa förnybar gas. Den vanligaste och mest mogna tekniken är framställning av biogas genom syrefri nedbrytning av organiskt material med hjälp av mikroorganismer, s.k. rötning. Andra tekniker är termisk förgasning av organiskt material samt El-till-gas.

De olika metoderna kan också i vissa fall med fördel kombineras. Nedan följer beskrivningar om de olika tillvägagångssätten och deras aktuella status.

2.2.1 Biogas från anaerob nedbrytning

Biogas bildas när organiskt material bryts ner av mikroorganismer utan tillgång till syre. Biogas består i huvudsak av metan och koldioxid samt små mängder vatten och svavelväte. Biogas produceras dels i biogasanläggningar, där olika typer av s.k.

substrat rötas, och dels på deponier (soptippar) där organiskt material historiskt deponerats och täckts över. År 2014 fanns det 277 biogasanläggningar i Sverige, som totalt producerade ca 1,8 TWh. Omkring hälften av gasen producerades i avloppsreningsverk. Nya biogasanläggningar byggs i huvudsak för rötning av matavfall och andra restprodukter (samrötning) och för rötning av avfall och grödor. Deponering av organiskt material förbjöds i Sverige den 1 januari 2005 och mängden biogas från deponier har sedan dess minskat.

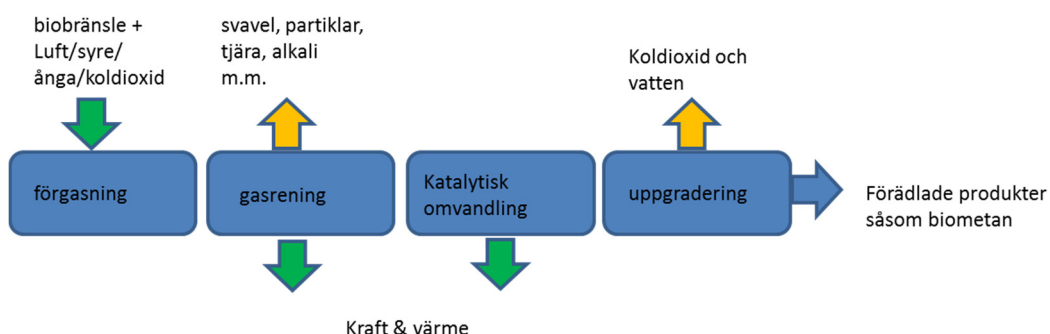
Beroende på vad biogasen skall användas till kan den behöva renas. I de flesta fall vill man kunna ersätta fossil naturgas med biogas, vilket då kräver att man dels renar biogasen från olika föroreningar såsom svavelväte och partiklar, och dels ökar gasens energiinnehåll genom att avlägsna koldioxid och vatten. Sådan rening kallas för uppgradering. I Sverige uppgraderas mer än hälften av den producerade biogasen och benämns sedan ofta *biometan*.



Figur 2 Göteborg Energis biogasanläggning i Sävsjö. Källa: Purac Puregas AB.

2.2.2 Termisk förgasning

Termisk förgasning är en process vid vilken ett organiskt material reagerar vid hög temperatur ($T \approx 500-1400 \text{ }^\circ\text{C}$) med luft/syre/koldioxid/vattenånga och i olika blandningar däremellan. Materialet sönderdelas då till en gas som består av varierande halter av kolmonoxid, koldioxid, vätgas, metan och tyngre kolväten som går under beteckningen *syngas*. För vissa användningsområden kan syngasen användas mer eller mindre direkt, t.ex. vid förbränning i en gaspanna, en ugn eller i en motor. För andra användningsområden, t.ex. som ersättning till fossil naturgas eller som insatsråvara till kemikalie- och plastindustrin, är det nödvändigt att först rena gasen från olika föroreningar såsom tjära, partiklar och svavel samt ändra gasens sammansättning via en eller flera katalytiska processteg. Dessutom måste gasen, i likhet med biogasen från röttningsanläggningen, vanligtvis uppgraderas genom att vatten och koldioxid tas bort (Figur 3).



Figur 3 Principskiss av de olika delsteg som ingår vid termisk förgasning av olika biobränslen och efterföljande vidareförädling till olika slutprodukter såsom t.ex. biometan.

Allt organiskt material kan förgasas men för att det skall bli förnybar gas krävs att något slags biobränsle används som råvara såsom diverse restprodukter från skogsbruket, olika åkergrödor och jordbruksrester, returlutar (svartlut), men också olika typer av industri- och hushållsavfall. I Sverige, där det finns gott om skog, ligger den största bränslepotentialen för termisk förgasning i att använda restprodukter såsom GROT (Grenar Och Toppar) och stubbar.

Förgasning är ingen ny teknik. Fossila bränslen, men också en del annat organiskt material, har förgasats kommersiellt sedan 1800-talet. Förgasning av biobränsle är alltså inget nytt, men då biobränslen är betydligt mer heterogena, har högre vattenhalt och är svårare att finfördela än de fossila, medför förgasning av biobränslen generellt en större utmaning. Det finns idag kommersiella anläggningar som producerar kraftvärme med hjälp av gasmotorer eller som förser industriella processer med ett rent gasformigt bränsle. Det finns däremot ännu ingen kommersiell produktion av biodrivmedel såsom biometan via förgasning av organiskt material, men flera större pilot- och demonstrationsanläggningar är i drift och/eller under planering. Ett exempel på den senare är Göteborg Energis GoBiGas (Källa: <http://gobigas.goteborgenergi.se/>).



Figur 4 GoBiGas - Världens största demonstrationsanläggning för produktion av biometan. Källa: Göteborg Energi AB. Foto: Rob Vanstone.

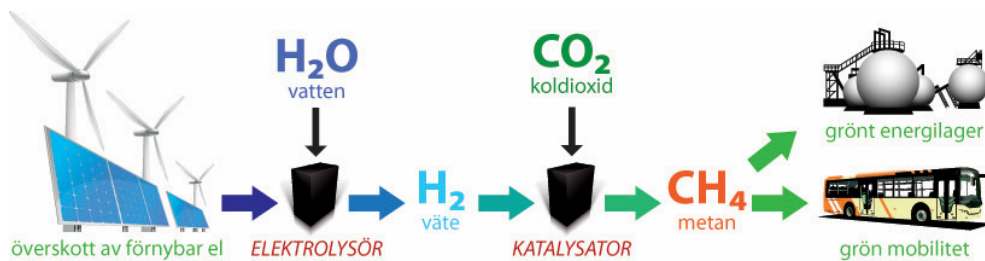
2.2.3 El-till-gas

El-till-gas (*eng. Power-to-gas*) innebär att el används för att sönderdela vatten till sina beståndsdelar vätgas och syrgas med hjälp av en elektrolysör. Konceptet får idag mycket uppmärksamhet ute i Europa då det möjliggör lagring av el i form av gas och kan därmed vara ett effektivt sätt för lagring av överskottsel från förnybar vind-sol- eller vågkraft.

Om elen har ett *förnybart* ursprung blir även vätgasen från elektrolysören förnybar. Den gröna vätgasen kan användas direkt som det bränsle som den är eller också kombineras och låtas reagera med koldioxid till metan via s.k. metanisering. Den metan som då bildas kan då matas in på det gasnätet. Koldioxidkällan kan hämtas från t.ex. en biogas eller termisk förgasningsanläggning med uppgradering eller från någon typ av förbränningsanläggning från vilken koldioxiden kan avskiljas rökgaserna. Även kalk- och cementindustrin förfogar över stora strömmar ren koldioxid.

Det finns idag ett fyrtiotal pilotanläggningar för El-till-gas i Europa, antingen i drift eller under uppbyggnad, där bl.a. företag såsom E.ON och Siemens är inblandade. Majoriteten är inriktade på vätgasproduktion, men det finns även några med biometan som slutprodukt. Ingen kommersiell storskalig anläggning finns ännu i drift, mycket till följd av att elektrolysörerna fortfarande är alltför kostsamma (≈ 2000 EUR/kW producerad vätgas, *källa: DNV, 2013*). Vad beträffar Sverige finns här än så länge ingen el-till-gas anläggning. Däremot har nyttan med tekniken i en svensk kontext för ett

antal lokaliseringar nyligen undersökts (källa: *Rapport Energiforsk 2015:120, K. Byman*). Denna lokaliseringsstudie har bl.a. lett fram till att man nu vidare utreder möjligheterna att anlägga en första svensk demonstrationsanläggning på Gotland (källa: *Swedegas*). Läs mer om El-till-gas och dess potential i *kap. 4. Gasens potential*.



Figur 5 Illustration av El-till-gas. Illustration: Martin Ragnar.

3 Gasens klimat- och miljönytta

SAMMANFATTNING

- *Då kol- och olja ersätts med naturgas minskar koldioxidutsläppen med 40 respektive 25 %.*
- *Biogas som ersätter naturgas eliminerar helt nettoutsläppen av koldioxid bildad vid förbränningen.*
- *Utvinning av deponigas liksom rötning av avfall minskar utsläppen av potenta klimatgasen metan samtidigt som en energiresurs nyttiggörs.*
- *Gas är ett homogent och rent bränsle vars förbränning resulterar i försumbara utsläpp av svavel, tyngre kolväten, partiklar och tungmetaller.*

Det är givetvis svårt att uttala sig om den faktiska klimat- och miljönyttan med att använda gas istället för en annan energiform utan att ta hänsyn till ett flertal parametrar såsom gasens ursprung/råvara, produktionsprocess, distribution samt hur gasen används. Den aktuella nyttan kan också variera utifrån lokalisering, produktionsvolym och över tid. Det är dock vedertaget att 80-90 % av klimat- och miljöeffekterna vanligen uppstår i samband med själva energianvändningen och är därför det steg som vi valt att kortfattat summera härnedan.

Då kol och olja ersätts med naturgas minskar koldioxidutsläppen med 40 respektive 25 %, främst till följd av att gasen har ett högre värde på kvoten mellan väte och kol. Motsvarande siffror då gasol istället används är 34 respektive 14 %. Biogas från rötning och biometan från förgasning som ersätter naturgas eller gasol eliminerar helt nettoutsläppen från koldioxid bildad vid förbränningen genom att koldioxiden tas upp under råvarans tillväxt (förutsatt en återplantering motsvarande skördad mängd). Utvinning av deponigas liksom rötning av olika former av avfall minskar utsläppen av den potenta klimatgasen metan samtidigt som en energiresurs nyttiggörs och i slutändan förbränns till koldioxid, bildad från ett icke-fossilt bränsle. Gasformiga bränslen medger i många tunga industriprocesser dessutom en effektivare energianvändning och av detta ytterligare minskade koldioxidutsläpp.

I jämförelse med kol, olja och även fasta biobränslen är gas ett homogent och rent bränsle vars förbränning resulterar i försumbara miljö- och hälsovådliga utsläpp av svavel, partiklar, tyngre kolväten och tungmetaller. Gas möjliggör dessutom förbränning vid en förhållandevis låg temperatur, vilket i sin tur medför låga utsläpp av försurande kväveoxider. Detta gäller för såväl fossil naturgas/gasol som förnybar biogas/biometan.

Vid vätgasförbränning bildas i huvudsak vatten.

För mer detaljer vad gäller klimat – och miljöutsläpp vid el- och värmeproduktion via gasmotorer, bränsleceller och gasturbiner, m.fl. se kap. 5. *Elproduktion med gas, samt tabell 1 i bilaga.*

4 Gasens potential

SAMMANFATTNING

- Den årliga svenska gasförsäljningen motsvarar ca 18 TWh (2014), vilket utgör ca 3 % av Sveriges totala energimix. Ca 10 % av gasen som säljs är idag av förnybart ursprung.
- I framtiden (2050) finns en potential att årligen framställa drygt 70 TWh förnybar gas, samtidigt som fossil gas fortsatt kan utnyttjas i kombination med koldioxidavskiljning och lagring (CCS)

Gasen utgör idag ca 3 % av Sveriges energimix (källa: *Energiläget 2014*). Detta motsvarar i sin tur ca 18 TWh årlig gasförsäljning, varav 90 % är av fossilt ursprung. I framtiden skulle gasen kunna ha en betydande större roll. Enligt Energimyndighetens långtidsprognoser för 2030 kommer Sveriges totala energianvändning (ca 580 TWh/år) ligga kvar på ungefär samma nivå som den gör idag (källa: *Scenarier över Sveriges Energisystem, ER 2014:19*). Samtidigt måste användningen av fossil energi och kärnkraft vara alltmer urfasad och ersatt av olika förnybara alternativ, däribland förnybar gas.

I samband med den förra regeringens FFF-utredning (källa: *Fossilfri fordonsflotta*) presenterades studier som visade på att Sverige på kort sikt (2030) har en förnybar gaspotential på upp till 22 TWh/år (källa: *Realiserbar biogaspotential i Sverige 2030 genom rötning och förgasning, S. Dahlgren, m.fl., 2013*), varav ungefär hälften uppskattas härstamma från rötning och den andra hälften från termisk förgasning. Vad beträffar potentialen på längre sikt (runt 2050) går studierna lite isär, men flera pekar mot en potential på drygt 70 TWh/år (källa: *Rapport "Den svenska biogaspotentialen från inhemska restprodukter", M. Linné, m.fl., 2008*), varav den största andelen av denna gasmängd förväntas att produceras i södra och mellersta Sverige. Enligt prognoserna (källa: *Scenarier över Sveriges Energisystem, ER 2014:19*) kommer också fossil gas att användas vid samma tidpunkter, inte minst av tung industri som nu alltmer övergår till gas som ett miljö- och klimatvänligt alternativ till olja. Det ligger därför nära till hands att utgå ifrån att man åtminstone kommer att behöva samma volymer fossil gas som används idag även 2030. Då det inte finns några planer på att bygga ut befintligt stamnät för gas skulle en eventuell utökad mängd fossil gas kunna tillkomma via nya LNG-hamnar, sammankopplade med befintliga och nya regionala och lokala gasnät (källa: *Swedegas*). Ytterligare (fossil) gas skulle också kunna tillkomma från Siljansringens gasfyndigheter, där företaget Igrene AB:s prospekteringar nyligen visat på gastillgångar i storleksordningen 10 TWh/år (källa: *Igrene AB*). Fossil gas kommer sannolikt även att behöva utnyttjas på ännu längre sikt (2050), men med den skillnaden att tekniken med tiden fortsätter att utvecklas och vid användning efter 2040 måste börja kombineras med koldioxidavskiljning och lagring (CCS – *Carbon Capture Storage*).

Vad gäller gasens potential så bör också produktionsvägen el-till-gas här beaktas. Tekniken el-till-gas kan, som namnet antyder, användas för att förvandla vilken el som helst och hur mycket som helst till gas. Sett på det sättet blir det meningslöst att fundera över någon slags potential för gas framställd på detta sätt. Konzeptets livskraft är emellertid helt avhängig priset på elen, där man historiskt siktat in sig på att nyttiggöra överskottsel från intermittent elproduktion från i första hand vindkraft, men kanske också solceller. I en inledande studie i det sameuropeiska projektet North Sea

Power-to-Gas Platform formulerades en tanke om att det år 2020 vore rimligt att anta att elpriset under 20 % av tiden under ett år vore möjlig att köpa för mindre än 0,20 EUR. Detta bedömdes där och då vara gränsen för det kommersiellt intressanta. Elpriserna i Sverige är förvisso normalt betydligt lägre än så här, men om man istället väljer att utgå från likheterna mellan Elområde 3 och 4 i Sverige och övriga Nordvästeuropa och på sikt också tänker sig en harmonisering av elpriserna i detta transnationella område, så är 2020-ansatsen ändå en rimlig utgångspunkt.

Svensk Vindenergi gör en grov uppskattning av vindkraften med en fortsatt utbyggnadstakt som idag skulle nå en produktion motsvarande 60 TWh år 2050. Eftersom den stora fysiska potentialen finns i norra Sverige menar organisationen indikativt att omkring en tredjedel – 20 TWh/år – kan komma att produceras i elområde 3 och 4. Med 2020-regeln applicerad på detta skulle potentialen för El-till-gas i detta ur gasperspektiv relevanta område därmed vara omkring 4 TWh/år år 2050.

Slutligen påverkas självfallet också gasens potential inom ett visst område av vilka andra segment som konkurrerar om gasen. Gas kan användas som drivmedel, insatsråvara i diverse industriella processer samt för kraft-/värmeproduktion. Vad gasen sedan i slutändan används mest till beror primärt inom vilken sektor den största betalningsviljan finns. Idag i Sverige finns den största betalningsviljan för förnybar gas (biogas) inom fordonssektorn, vilket härstammar från det faktum att transportsektorn idag är den mest fossilberoende sektorn där gasen på kort sikt kan göra stor klimatnytta med hänsyn tagen till dagens fordonsflotta. Detta scenario kommer dock att förändras över tid. Idag ser vi ett ökande intresse för gasfordon, och således en ökad efterfrågan på fordonsgas, inte minst från den tunga fordonssektorn (*källa: www.gasbilen.se*). Det ökade intresset för konventionella gasfordon kommer sannolikt att också hålla i sig i samma relativa omfattning i minst 10-15 år till eller tills det att elbilarna blir mer konkurrensfördelaktiga i takt med att batteri- och bränslecellstekniken utvecklas. Som ett led i den nu pågående motorutvecklingen kommer vi också sannolikt se fler hybridlösningar mellan el och gas, där man har möjligheten att ställa om mellan drivlinorna dels beroende på aktuell körprofil, men också beroende på rådande elpris. Värt att notera är att ett större inslag av elektrifiering i sin tur öppnar upp för att en större andel av den tillgängliga förnybara gasen på sikt skall kunna komma till gagn också för de andra potentiella användningsområdena.

5 Elproduktion med gas

SAMMANFATTNING

- Gastekniker, såsom gasturbiner och gasmotorer, kan startas upp snabbt och snabbt nå hög effekt, och har därmed stor potential att fungera som balanskraft.
- Gastekniker är effektiva, resulterar i låga miljöutsläpp och kan drivas med förnybar gas.
- Genom att utnyttja förnybar gaskraft jämfört med att elda fast biobränsle erhålls flera fördelar såsom bättre lagringsmöjligheter, snabbare och flexiblere elproduktion, säkrare bränsletillförsel och energieffektivare bränsletransport, m.m.
- För att förnybar gaskraft skall kunna bli konkurrenskraftig så krävs dock att nya styrmedel, såsom klimat- och effektcertifikat, kommer på plats.

Gas kan med fördel, om rätt ekonomiska förutsättningar finns på plats, användas för produktion av el alternativt el- och värme (även kallat kraftvärme). Beroende på önskvärd effektklass lämpar sig olika tekniker. För kommersiell småskalig elproduktion med gas (0,1–10 MW_{el}) används framförallt gasmotorer, medan för storskalig produktion (10–1000 MW_{el}) tillämpas vanligen gasturbiner. I framtiden kommer sannolikt också bränslecellstekniken inneha en betydande roll inom området. Nedan följer en kortfattad beskrivning av de olika teknikerna, inkluderande mognadsstatus, utvecklingspotential samt ekonomiska förutsättningar.

5.1 SMÅSKALIG ELPRODUKTION MED GAS

Intresset för gasmotorer (kolvmotorer) för småskalig kraft/kraftvärmeproduktion växer internationellt, speciellt i länder såsom Japan, Tyskland, Danmark och Holland där gasen i förhållande till elen är billig. Tekniken är ansedd som en kommersiell, mogen teknologi och har ett förhållandevis lågt pris och hög elverkningsgrad, även i de små effektklasserna. I Sverige är bidraget från småskalig kraft-/värmeproduktion från gas däremot försumbar sett till den totala energimixen.

Det finns två olika typer av kolvmotorer: Ottomotorn och dieselmotorn. En ottomotor drivs vanligen med bensin medan en dieselmotor drivs med dieselolja. En Otto-motor kan förhållandevis lätt anpassas för metan som alternativt bränsle. Däremot måste dieselmotorn för att fungera för gasdrift antingen kompletteras med tändstift eller tändas på diesel, enligt vad som brukar benämnas *dual-fuel*-principen. Det pågår också utveckling av en förbränningsmotor som kombinerar otto- och dieselt teknik. I den här så kallade HCCI-motorn (*Homogeneous Charge Compression Ignition*) komprimeras bränslet och kan sedan självantända på samma sätt som i en diesel.

Gasmotorernas effektivitet beror på flera parametrar såsom motortyp, effektklass, gasens sammansättning, luftöverskott, m.m., men ligger vanligtvis runt 30–40 % (från gas till el), i vissa fall upp mot 50 %. Österrikiska motortillverkaren Jenbacher anger t.ex. att deras senaste, mest effektiva gasmotor J920 (9,2 MW_{el}) ger nära 49 % (naturgasdrift). Ju större effektklass, desto högre verkningsgrad uppnås vanligen. Tar man också tillvara på bildad värme blir totalverkningsgraden 80–90 %. Vanligtvis ger

dieselmotorn något högre elverkningsgrad (ca 8–10 %) än ottomotorn. Dieselmotorn har däremot nackdelen att ge upphov till högre kväveoxidutsläpp, och behöver därför ofta utrustas med s.k. SCR-rening (*Selective Catalytic Reaction*) för att acceptabla emissionsnivåer skall kunna nås.

Gasmotorerna är relativt snabba och flexibla. Uppstartstiden från kallt tillstånd till fullast ligger runt 1 MW per 15 min, och lasten kan vanligtvis varieras inom intervallet 1:2–1:3 (källa: *Technology data for Energy plants, Energinet, Energistyrelsen-DK, 2012*).

De flesta gasmotorer för elproduktion är idag konstruerade för naturgas, även om de kan anpassas för drift med gaser såsom biogas, deponigas och syngas. Vid drift med andra gaser än naturgaskvalitet ligger den främsta utmaningen vanligtvis i att säkerställa erforderlig reningsgrad hos gasen med avseende på föroreningar såsom partiklar, tjära, alkali och svavel innan den matas in i motorn. Idag finns det fåtal kraftvärmeanläggningar, samtliga designade för kontinuerlig drift, runt om i Europa som drivs med förnybar syngas producerad via biomassafergasning. En av de mest kända är Oberwart-anläggningen belägen sydost om Wien. Syngasen produceras här i en fergasningsanläggning matad med träflis och producerar 2,8 MW_{el} i 2 Jenbachers gasmotorer (ottomotor) samt en konventionell ORC (Organisk Rankine Cykel). Anläggningen har varit i kommersiell drift sedan 2008 och den totala elverkningsgraden (från biomassa till el) ligger i detta fall runt 32 %. En liknande, som varit i drift sedan 2002, finns i närliggande forsknings- och pilotanläggningen i Güssing. Exempel på liknande, något mindre, anläggningar, på närmare håll är den i Harbøre i Danmark på 1,5 MWe som varit i drift i mer än 100 000 h och uppger 28 % i elverkningsgrad (från biomassa till el). En annan är Pite Energis 1,75 MWe-anläggning i Hortlax som i skrivandets stund är under driftsättning. Även om småskalig biomassafergasning ur ett tekniskt perspektiv fungerar, och på vissa håll bedrivs kommersiellt, så möter tekniken än så utmaningar på den ekonomiska sidan och har svårt att vara konkurrenskraftig under dagens förutsättningar (se tabell 1 och 2 i bilaga). Det är dock viktigt att notera att det senare kan komma att förändras snabbt om incitamenten är de rätta.



Figur 6 Foto av Oberwarts kraftvärmeanläggning i Österrike, där syngas produceras från fergasning av flis som sedan förbränns i Jenbachers gasmotorer till kraftvärme. Foto: Anna-Karin Jannasch.

Även enstaka gasturbiner finns på marknaden för småskalig elproduktion. Den småskaliga gasturbinen finns dels i s.k. mikro-klassen (kWe), dels i 1 MWe-klassen, men i jämförelse med kolvmotorn i samma effektklasser har den idag svårt att vara konkurrenskraftig med elverkningsgrader runt 20–25 %. *För mer information om gasturbinen, se kap. 5.2.*

En annan teknik med potential för aktuellt användningsområde är bränslecellen. Intresset för tekniken härför sig till den höga elverkningsgraden (upp till 60 %) även under dellast, den goda bränsleflexibiliteten (kompatibel med naturgas, biogas, deponigas, syngas, vätgas, m.fl.) samt de exceptionellt låga NO_x-utsläppen i kombination med att det är en tyst teknologi. När det gäller stationär elproduktion (*on- eller off-grid*) för större effektklasser (0,1–10 MW_e) är högttemperaturbränslecellerna SOFC (Solid Oxid Fuel Cell) och MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell) de bränslecellstekniker som är de mest ekonomiskt intressanta. Idag finns det flera sådana större anläggningar installerade i bl.a. Kalifornien, Tyskland och Sydkorea. Flera av dessa drivs med biogas och har då möjligheten att dra nytta av där existerande statliga subventioner som finns när förnybara bränslen används. Bränslecellstekniken är dock ännu inte ansedd som färdigutvecklad. Investeringskostnaderna är fortfarande högre jämfört med konventionella motorer/turbiner (se tabell 1 i bilaga) och livslängden (ca 40 000 h) måste ytterligare förbättras för att tekniken skall kunna bli ekonomiskt lönsam även utan subventioner. Som ett led i att öka konkurrenskraften undersöks idag också möjligheten att utnyttja tekniken för andra användningsområden som delvis med fördel kan bedrivas parallellt med el- och värmeproduktion. Exempel på de senare är MCFC:s möjlighet att separera koldioxid från rökgaser (*d.v.s. fungera som CCS*), avsalta vatten eller fungera som högeffektiv elektrolysör för produktion av förnybar vätgas (*d.v.s. El-till-gas*) (IEA-Dossier "International status of molten carbonate fuel cells technology", S.J. McPhail, m.fl., 2015).

Bränslecellssystem är i likhet med gasmotorerna relativt snabba och flexibla. Reglerbarheten är vanligtvis god (1:5). Varmstart kan göras inom ett par minuter, medan kallstart tar från några timmar upp till ett dygn beroende på vilken typ av bränslecellsteknik det är (källa: C. Lagergren, KTH, 2015).

5.2 STORSKALIG ELPRODUKTION MED GAS

Storskalig elproduktion med gas sker idag vanligtvis med hjälp av gasturbiner. Globalt finns det drygt 50 000 större gasturbiner i drift med en total installerad effekt på ca 1,3 GWh (källa: M. Genrup, Lunds Universitet, 2015). Den motsvarande svenska gasturbinflottan består i huvudsak utav Ryaverkets 3*50 MWe SGT-800 (Siemens) i Göteborg, Öresundsverkets 300 MWe GE 9FP (General Electrics) i Malmö, Västhamnsverkets 50 MW SGT-800 (Siemens) i Helsingborg samt Gunnesboverkets 25 MWe SGT-600 (Siemens) i Lund. Därtill finns ett flertal gasturbiner för oljedrift i t.ex. Karlshamn, Halmstad och Barsebäck.

Förenklat beskrivet består gasturbinen av en kompressor i vilken luft komprimeras, en brännkammare i vilken värme tillförs genom att bränslet förbränns med luften och en turbin i vilken förbränningsluften expanderar. Större stationära turbiner förses också med en värmeväxlare för att återföra så mycket som möjligt av avgasvärmen till förbränningsluften. En modern gasturbin kan antingen gå i kondensdrift med syftet att producera enbart el eller i kraftvärmedrift.

Ett s.k. gaskombikraftverk kombinerar en gasturbin och en ångturbin för en effektivare elproduktion. I denna leds avgaserna från gasturbinen (ca 600 °C) in till en avgaspanna där de används för att producera ånga som driver ångturbinen. Den resterande värmen kan sedan användas till fjärrvärme för att ytterligare öka effektiviteten. Ett modernt gaskombikraftverk kan producera el med en elverkningsgrad upp till 60 % (i 400–600 MWe klassen); att jämföra med gasturbinen i enkelt utförande som ger ca 40–45 %. Om istället energin tas tillvara för maximalt utnyttjande av värme sjunker gaskombins elverkningsgrad något, till ca 55 %. Totalverkningsgraden, inklusive fjärrvärme, ligger runt 90 %.

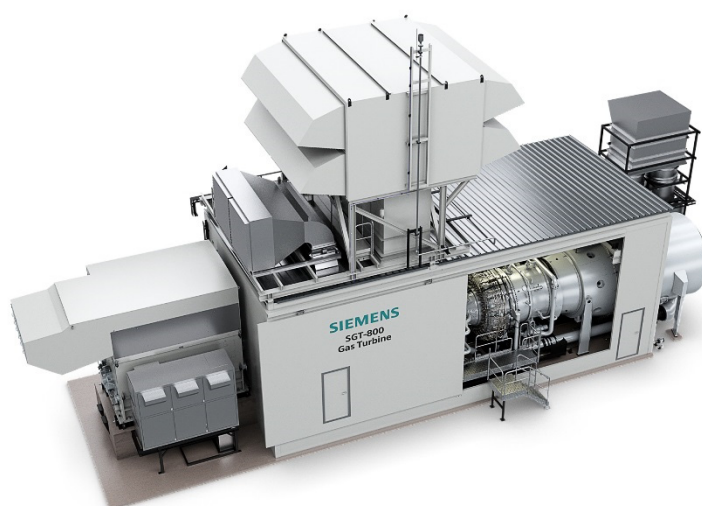
Gasturbinerna som omnämns inledningsvis i detta stycke är alla gaskombiverk, varav de två största är Öresundsverket och Ryaverket. Öresundsverket togs i drift 2009 och har en installerad effekt på 400 MW el och 250 MW värme. Ryaverket togs i drift 2006 och har en installerad effekt på 261 MW el och 294 MW värme. Öresundsverket är byggt för att kunna köras i både kondens- och kraftvärmedrift, medan Ryaverket är designat för enbart kraftvärmedrift.

Gasturbiner är relativt snabbstartade och öppnar därmed upp för en flexibel elproduktion. En gasturbin i enkelt utförande startar på mindre än 10 min, medan en gaskombi behöver ca 30 min (varmstart). Från kall gaskombianläggning till full drift tar det ca 2–3 h. I drift kan lasten regleras med hastigheten 30–50 MW/min (källa: M. Genrup, LTH, 2015). En annan fördel med tekniken är att den är bränsleflexibel (naturgas, pentan+, biogas, flytande). På sistone har också flera gasturbinleverantörer undersökt möjligheten med vätgasdrift. Detta till följd av att den europeiska industrin alltmer efterfrågar möjligheten till att driva turbinerna med vätgasrika restströmmar från diverse processer, men också som ett led i utvecklingen av IGCC-anläggningar (ICGG – *Integrated Gasification Combined Cycle*) samt i takt med det växande intresset för El-till-gas (se kap. 2.2.3). Siemens t.ex. har undersökt hur stor andel vätgas som kan blandas in i deras standardbrännare (SGT-700 resp. SGT-800) och efter en studie genomförd 2013 (källa: SGC Rapport 2013:256) garanterar man numer en vätgasinblandning i naturgas på 15 volymprocent. Liknande utvecklingstester genomförs av bl. a. Hitachi och General Electrics (källa: <http://www.hitachi.com/New/cnews/130411b.html>, <http://204.154.137.14/technologies/coalpower/turbines/refshelf/GE%20Hydrogen-Fueled%20Turbines.pdf>).

Gasturbiner kan också som ovan nämnts drivas med syngas, som i sin tur producerats uppströms från kol eller biobränslen som förgasats, d.v.s. IGCC. Ett antal fullskaliga IGCC-anläggningar för kol har byggts och/eller är under uppbyggnad (ELCOGAS i Puertollano, Spanien, Willem Alexander i Buggenum, Holland, Texas Clean Energy-projektet i USA, m.fl.). F.d. Sydkrafts förgasningsprojekt i Värnamo visade också på möjligheten med biomassa-förgasning. IGCC-tekniken är således tekniskt beprövad för både kol- och biomassa, men där den senare lider, liksom småskalig biomassa-förgasning, ekonomiskt och har idag svårt att vara konkurrenskraftig.

En variant av IGCC, men som kräver framställning av gasformig biomassa vid betydligt högre tryck är den s.k. *top-spool tekniken*. I denna genereras även ånga från restvärmen i avgaserna för att sedan integreras i förbränningen i en fuktig gasturbinprocess. Tekniken får idag en hel del uppmärksamhet i diverse rapporter och spås kunna bli mer effektiv än konventionell förgasning med elverkningsgrad över 55 % (utan ångturbin!). Det är viktigt att poängtera att tekniken fortfarande är i ett utvecklingsskede. Idag finns ännu ingen anläggning byggd, och det krävs att någon

investerar i både utveckling och demonstrationsanläggningar för att ta tekniken vidare, troligen investeringar i miljardklassen. Tekniken bör därför heller inte i dagsläget i alltför stor grad jämföras varken ekonomiskt eller tekniskt med övriga här beskrivna tekniker; tekniker/anläggningar som samtliga, i motsats till top spool, finns i drift.



Figur 7 Illustration av Siemens gasturbin SGT-800, källa: Siemens Industrial Turbomachinery AB

5.3 STOR- OCH SMÅSKALIG GASKRAFT – SAMMANFATTNING AV PRESTANDA OCH KOSTNADER

En sammanfattning av prestanda och kostnader för såväl småskalig som storskalig gaskraft finns i tabell 1, bilaga. Då produktionskostnaderna för el för de olika teknikerna är avhängig på vad ingående bränsle kostar ges också här en sammanställning av den senare, tabell 2, bilaga. Data varierar över tid, men också från en anläggning till en annan, beroende på både marknad och tekniska förutsättningar/driftsvillkor. Angivna tabelldata skall därför tolkas som ungefärliga utifrån dagens rådande situation. De faktiska elproduktionskostnaderna i tabell 1 är angivna dels med rådande styrmedel (skatter, elcertifikat, etc.) inklusive eventuell inkomst för värmeavsättning (s.k. värmekreditering), dels utan. Detta för att tydliggöra den verkliga produktionskostnaden i relation till då andra tekniker (även i kondensdrift) och/eller bränslen används. Majoriteten av angivna data i tabell 1 har tagits fram med hjälp av den beräkningsapplikation som finns tillgänglig på Energiforsks hemsida (www.energiforsk.se) och som utvecklats inom ramen för dåvarande Elforsks referens 14:40 "El från nya och framtida anläggningar 2014". I tabell 1 finns också kortfattade noteringar om teknikens flexibilitet, både vad gäller bränsle och driftdynamik; båda egenskaper som är avgörande för om tekniken i framtiden kan komma att spela som enbart bas- eller/och balanskraft.

Från tabellerna 1 och 2 kan tydligt bl.a. utläsas att en investering i småskalig i jämförelse med storskalig gaskraft innebär en kortare avskrivningstid och totalt sett ett betydligt lägre risktagande. Småskalig gaskraft har också den fördelen att den lättare

kombineras och integreras med biobränsleförgasning (*syngasdrift*) då betydligt mindre mängd gas erfordras. Nackdelarna är å andra sidan vanligen lägre tillgänglighet (mer underhåll!), lägre elverkningsgrad, högre NO_x-emissioner och en, förutsatt samma drifttid, högre elproduktionskostnad.

Vidare kan konstateras att samtliga gastekniker är flexibla tekniker, både vad gäller bränsle och driftdynamik, med andra ord lämpliga också för balanskraft som med fördel kan göras förnybar. Det skall här dock noteras att om gasteknikernas snabba responstider vad gäller kall uppstart skall kunna erhållas så krävs att gasen för drift också finns på plats/i lager och inte behöver produceras uppströms "on-line". Om det sistnämnda är fallet kan ungefär samma uppstartstider och dynamik som vid ett fast bio-kraftverk förväntas.

Utav de tekniker som finns i tabell 1 är storskalig gaskombi och på sikt bränsleceller de tekniker som innehar störst potential att fungera för såväl bas- som balanskraft. Detta motiverat utifrån de faktum att de båda ger mycket höga elverkningsgrader (uppemot 60 %), från försumbara till mycket låga NO_x-emissioner, innehar snabb dynamik och god bränsleflexibilitet. Dessutom drivs de med gas – ett bränsle som till skillnad mot de flesta andra bränslen kan lagras på ett långsiktigt, kostnadseffektivt och miljömässigt sätt (*se kap. 6.2*).

Slutligen, utifrån de priser som idag råder för olika bränslen (tabell 2 i bilaga) är det tyvärr tydligt att det i Sverige är svårt att få gaskraft i någon större skala konkurrenskraftig, särskilt inte i kombination med förnybara bränslen och/eller för kortare driftstider (vilket t.ex. är tydligt från given elkostnad i tabell 1 med gasturbin för 100 h jfr. med 5000 h/år), ekonomiskt lönsam. Detta gäller även med dagens aktuella styrmedel inkluderat. Detta visar i sin tur på behovet av att införa nya styrmedel, såsom klimat- och effektcertifikat, för att kunna realisera och utnyttja gasens verkliga potential (*se kap. 8.5, Vägen till 2050*).

5.4 VARFÖR GÖRA GAS AV BIOBRÄNSLE OCH INTE BARA ELDA UPP DET DIREKT?

En naturlig fråga att ställa sig när det gäller kraft(värme)produktion är vad som motiverar först omvandling av biobränsle/avfall till gas istället för att elda upp råvaran/avfallet direkt. Utifrån enbart en jämförelse av dagens aktuella prisläge för fast biobränsle (t.ex. flis) och motsvarande för syngas eller biometan från förgasning, är det idag svårt att förstå varför man överhuvudtaget skall gå omvägen via gas. Ännu svårare är det att förstå valet av gas istället för diverse hushålls- och industriavfall som man idag till och med får betalt för att ta emot. Det finns dock flera andra viktiga faktorer som spelar in och som här motiverar omvandlingen till gas som ett förled före energiproduktionen, nämligen:

- Säkrare bränsletillförsel – Stora kraft(värme)anläggningar kräver stora mängder bränsle och kan över tid behöva matas med bränsle av olika ursprung och därmed olika kvalitet. Ju mer heterogent bränsle, ju högre krav på process och ju mer krav på kostsam underhåll som följd. Genom att först omvandla det fasta bränslet till gas erhålls ett homogent bränsle.
- Bättre möjligheter att utnyttja våt biomassa – Gas kan med fördel framställas, via rötning, från våt biomassa som inte annars kan eldas upp direkt utan att först genomgå energikrävande torkning.
- Energieffektivare transport – Gas möjliggör en mindre "bulkig", betydligt mer lätthantering bränsletransport till kraft(värme)verken.

- Utomordentligt god lagringsförmåga – Gas kan i motsats till skogsbränsle (inkl. diverse flytande bio-oljor) lagras långsiktigt i både gasnät och i behållare, *se kapitel 6.2*. Industri- och hushållsavfall kan inte lagras alls vilket i sin tur kräver kontinuerlig anläggningsdrift.
- Enklare att elda – Förbränning av gas ger högre elverkningsgrader (50–60 *vs.* 30–40 %) och lägre emissioner av både miljö- och hälsofarliga utsläpp (partiklar och kväveoxider) än då fasta bränslen förbränns. Högre elverkningsgrad minskar i sin tur på behovet av parallell värmeavkastning för att ekonomisk lönsamhet skall kunna uppnås.
- Snabbare och flexiblare elproduktion – Gasdrivna anläggningar är snabbare och lättare att starta upp och reglera än fastbränsle-anläggningar och kan därför med fördel också utnyttjas för effekterreglering.
- Flera användningsområden – Beroende på rådande ekonomiska förutsättningar kan gasen, i motsats till fasta bränslen, utnyttjas till och ställa om mellan flera användningsområden (kraftvärmeproduktion, produktion av biodrivmedel och/eller insatsråvara i kemiindustrin). Idag i Sverige ligger framförallt fokus på att nyttja den förnybara gasen som drivmedel. Detta motiverat av att transportsektorn, i likhet med många andra delar av världen, är den sektor som orsakar de största utsläppen av växthusgaser.

6 Gaslogistik och energilagring i ett gassystem

SAMMANFATTNING

- *Gas förvaras och transporteras i gasnät och i trycksatta behållare. Gas kan också kondenseras och transporteras i flytande form (600 ggr mer kompakt än gas vid rumstemperatur).*
- *Gas utgör i sig själv en kemisk lagrad energi. Det svenska högtrycksnätet rymmer idag vid normala driftförhållanden ett energilager om 27 GWh. Stora möjligheter finns också till lagring i gaslagret Skallen (105 GWh) som är kopplad till högtrycksnätet.*

6.1 TRANSPORT

Gas kan transporteras på olika sätt. Historiskt skedde all gastransport i rörledningar, som från början arbetade vid lågt tryck och endast inuti en stad eller i ett begränsat geografiskt område. Senare byggdes på kontinenten och så småningom också i sydvästra Sverige ett högtrycksnät för överföring av stora kvantiteter gas över längre avstånd, mellan städer och regioner. På senare tid har en stor del av utvecklingen inom gaslogistikområdet istället fokuserat på transporten av gas i mobila enheter snarare än i en fast infrastruktur. Teknikutvecklingen påminner i detta hänseende om den som telefonin har genomgått, där steget varit att frångå den fasta infrastrukturen till förmån för en mer flexibel mobil dito. Icke rör-bunden gaslogistik innebär att gas ofta transporteras i paket av gasflaskor satta under högt tryck och ofta placerade på ett växelflak. Närvaron av ett eller flera metallorganiska föreningar i gasflaskorna kan öka möjligheterna till energilagring. Genom kondensation av metan till flytande form kan gas också transporteras på detta sätt i en än mer energiintensiv form, ungefär 600 gånger mer kompakt än gas vid rumstemperatur. I dagens läge gör den högre energiintensiteten hos vätskeformig metan transport av denna form huvudalternativet på distanser över 200 km.

6.2 ENERGILAGRING

Medan el måste förbrukas i samma ögonblick som den framställs gäller detta inte för andra energibärare såsom gas. Gasen utgör istället i sig själv en kemiskt lagrad energi. Denna energi kan fyllas i en behållare och lagras på detta sätt, men också en behållare under transport – eller gas i ett gasnät – utgör alltså i sig ett energilager. Enligt Swedegas rymmer det svenska högtrycksnätet idag vid ett normalt driftfall ett energilager om max 27 GWh räknat i övre värmevärde. Förutom gasnätet finns det stora möjligheter till lagring i gaslagret Skallen (105 GWh räknat i övre värmevärdet) som är kopplad till högtrycksnätet.



Figur 8 Lasse Forsberg/Biogas Systems.

7 Energisystemtjänster

SAMMANFATTNING

Gasen kan bidra med flera viktiga nyttor till det hållbara samhället. Dessa nyttor benämns här som olika energisystemtjänster, och innefattar bl.a. effekthållning, storskalig energilagring, miljö- och klimatnytta och frekvenshållning i lokala elsystem.

7.1 VAD ÄR EN SYSTEMTJÄNST?

En biodlare håller bin i syfte att producera honung. Honungen kan han sälja och tjäna pengar på. Men hållandet av bina innebär också att äppelträd och andra frukt- och bärbuskar pollineras, vilket gör att äppelodlaren inte manuellt måste befrukta alla blommorna på äppelträdet för att få äpplen till hösten. Binas gärning i relation till äppelträden brukar anföras som ett paradexempel på en ekosystemtjänst. I detta fall är det en ekosystemtjänst som biodlaren i normalfallet inte ersätts för av äppelodlaren. Tjänsten tas många gånger för självklar, men insikten om konsekvenserna av att tjänsten av en eller annan anledning skulle upphöra börjar göra diskussionen om ekosystemtjänsternas betydelse och ekonomiska värdering till en huvudfråga i morgondagens samhälle. På samma sätt som binas närvaro i trakterna av äppelträden för gasens närvaro i energisystemet med sig en massa andra nyttor utöver den självklara – att gasen i sig är ett bränsle som kan användas i motorer eller turbiner för att generera arbete eller el. Vi väljer att benämna dessa nyttor för energisystemtjänster.

7.2 GASENS ENERGISYSTEMTJÄNSTER

Effekthållning: Gasturbiner och gasmotorer kan starta snabbt och snabbt nå hög effekt, vilket innebär att de kan användas för effekthållning och reglering av elsystemet. Med gasturbiner kan detta ske i en skala om hundratals megawatt.

Energilagring i stor skala: Att lagra energi är centralt i framtidens energisystem för att parera effektoppar och säsongsvariationer. Gassystemet utgör i sig ett energilager.

Miljö- och klimatnytta: Om gasen används för att hantera topplast i energisystemet ersätter den på marginalen kolkondenskraft från Sverige och Danmark. Förbränning av naturgas ger upphov till 25 % lägre koldioxidutsläpp än olja och biogas ger nettonollutsläpp. Härtill är förbränningen av gas – såväl naturgas som biogas – mycket ren så att ytterst få andra partiklar eller föreningar bildas vid sidan av vattenånga och koldioxid.

Frekvenshållning i lokala system: Absolut balans måste i varje ögonblick råda mellan produktion och förbrukning av el i ett kraftsystem. Om det uppstår en obalans mellan produktion och förbrukning av el måste balansen snabbt återställas. Detta sker automatiskt genom ökning eller minskning av produktionen i utvalda kraftverk som försetts med frekvensreglerande utrustning och som ser till att kraftverken ändrar sin produktion i samband med att de registrerar en obalans. Det synkrona nordiska kraftsystemet balanseras i normalfallet med automatiska regleringar i vattenkraftverk. I mindre integrerade system, såsom Gotland, orsakar förändringar i förbrukning ofta större och mer frekventa obalanser. Här kan en (småskalig) gasdriven elproduktion lämna ett viktigt bidrag till frekvenshållningen.

Resurseffektivitet i kretsloppssamhället: Det är angeläget att hantera och nyttiggöra samhällets, jordbrukets och skogsbrukets avfall såväl av resurseffektivitetsskäl som av rena klimatskäl. Gödsel lagd på en traditionell stack bildar stora mängder av den kraftfulla växthusgasen metan, som går rakt upp i atmosfären. Omhändertagna på rätt sätt kan alla dessa restströmmar vara råvara för gasframställning och därmed bli den bioråvara som behövs för att leverera gasens bidrag till det hållbara energisystemet.

Försörjningstrygghet: Hållbarhet och mångfald hör ihop. En hållbar utveckling är intimt förknippad med exempelvis en biologisk mångfald. Många av våra grödor är extremt förädlade och anpassade till ett väldigt specifikt odlingsystem. Om systemgränserna för detta ändras av ett eller annat skäl måste nya sorter snabbt kunna tas fram och då krävs en mångfald att ösa ur. På samma sätt förhåller sig energisystemet. Ju fler olika ingredienser kraftsystemet har – vatten, sol, vind, våg, biobränsle, sopor, gas – desto hållbarare är det. Detsamma gäller också kraftöverföringssätten, där Sverige traditionellt förlitat sig på el som energibärare. Ett energisystem som också inkluderar gas i tillägg till el erbjuder alternativ, omkopplingsmöjligheter och därmed robusthet och försörjningstrygghet.

Industrialiseringsincitament: Tillgången till gas är attraktiv för många industriella verksamheter, kanske särskilt där enhetsoperationer kring värmning och/eller rostning ingår. Livsmedelsindustrin har en särskild nytta av gas genom dess renhet vid förbränning. På samma sätt som närvaron av ett järnvägsspår eller en tunnelbanestation utgör en väldokumenterad lockelse för etablering av en industri eller av bostäder – ytterst en högre markkostnad och/eller hyresnivå – kan närvaron av ett gasnät utgöra en motsvarande lockelse för vissa typer av industriföretag.

Arbetsstillfällen: Framställning av grön gas genom rötning och/eller förgasning innebär arbetsstillfällen i Sverige och i många fall i svensk glesbygd.

Exportmöjligheter för svensk teknik och svenskt kunnande: Sverige är ett föregångsland inom flera aspekter på grön gasteknik, såsom förgasning av biomassa, icke-rörledningsbunden gaslogistik, gas för fordonsdrift m.m. En kraftfull efterfrågan på grön gas över tid i Sverige innebär nya investeringar som också föder en exportindustri kring utrustning, teknologi och konsulteri.

Mänskliga rättigheter: Grön gas framställd i Sverige sker med nödvändighet under respekterandet av svensk lagstiftning såväl vad gäller miljöhänsyn som sociala hänsyn. I motsats till detta sker utvinning av olja, men också uran och sällsynta jordartsmetaller många gånger i länder som inte respekterar mänskliga rättigheter på samma sätt som i Sverige.

8 Gasens roll år 2050 och vägen dit

SAMMANFATTNING

År 2050 bedömer vi att:

- *Det finns flera regionala gasnät i framförallt södra och mellersta Sverige och att effektbalansen i elområde 3 och 4 hanteras med gaskraft.*
- *Gas används i stor skala som fordonbränsle, men också för elkraft.*
- *Gas är det vanligaste bränslevallet i industriella processer för värmning, reduktion och rostning, etc.*
- *Gasen är till största andelen av förnybart ursprung, men naturgas är också möjligt där CCS tillämpas*

8.1 ENERGISYSTEMET ÅR 2050

Prognoser för Energisystemet år 2050 är uppenbart svåra att göra. Energimyndigheten räknar (källa: *Scenarier över Sveriges Energisystem, ER 2014:19*) med att energiförbrukningen i samhället i stort är kvar på ungefär samma nivå som idag. Därutöver bedömer vi då att

- Sverige måste lösa sina energiutmaningar nationellt, d.v.s. inte kunna förlita sig på andra länder för energiproduktion och/eller effektbalans
- Samhället har energieffektiviserats betydligt, samtidigt som samhällets elektrifiering tagit ytterligare steg, vilket tillsammans med en befolkningsökning leder till en likartad elförbrukning som idag
- Vattenkraften genererar ungefär lika mycket energi som idag
- Kärnkraften är avvecklad och till stora delar ersatt med decentraliserad elproduktion hos hushåll, verksamheter, industrier och "regioner"
- Vindkraft och solkraft levererar betydande mängder kraft till energisystemet
- Efterfrågan på värme är väldigt lågt samtidigt som utnyttjandet av restvärme ökat, vilket sannolikt medfört en minskning av den biobränslebaserade kraft-värme-produktionen
- Transportsektorn är fossilfri och på väg mot en allt högre grad av elektrifiering
- En stor andel av elproduktionen är intermittert till sin natur, vilket ställer stora krav på reglering
- CCS är en viktig komponent i energisystemet, som för industrins del möjliggör användandet av fossil energi med nollutsläpp av koldioxid
- Sverige har blivit en betydande exportör av såväl effektbalans som av energisystemkunnande
- De nationella kraft- och gasnäten finns kvar och används bl.a. för export av energi
- Effektsäkerheten i elområde 1 och 2 hanteras med vattenkraft och i 3 och 4 med gaskraft. Delvis sker hanteringen regionalt och lokalt i motsvarande mindre skala.



Figur 9 Akkats vattenkraftverk i Lule älv är ett av många i Sverige som förser oss med reglerkraft. I framtiden tros också gasen kunna spela en viktig roll.

8.2 GASENS ROLL

Gasens roll i samhället år 2050 bedömer vi bl.a. inkluderar att

- Regionala gasnät finns i elområde 3 och 4 samt mellan några olika större industrier i norra Sverige
- Gas används i stor skala som fordonsbränsle, men användningen har minskat i några år så att mer gas finns tillgänglig för elproduktion
- Gas är det självklara valet av bränsle i industriella processer för värmning, reduktion, rostning etc. i livsmedelsindustrin, men också i övrig tung industri
- Effektbalansen i elområde 3 och 4 hanteras med gas, så väl i större skala i form av gasturbiner matade med gas från nätet som i mindre skala i form av gasmotorer vars gas delvis kan härröra från lokal småskalig förgasning till syngas. Bränsleceller och batterier lämnar också ett mindre bidrag

I relation till kraftsystemet är det därmed särskilt förekomsten av regionala gasnät samt gasens viktiga roll i effekthållningen i södra Sverige som är viktigt att notera.

8.3 GASENS URSPRUNG

I det klimatneutrala energisystemet år 2050 kommer den gas som används från förnybara källor via rötning, förgasning och elektrolys (Power-to-gas). Kanske är den också kopplad till koldioxidavskiljning för lagring, d.v.s. CCS-teknik, då man vill minska koldioxidmängderna i atmosfären. Naturgas kan också användas där CCS tillämpas.

8.4 FÖR ATT KUNNA KOMMA DIT

För att vår vision om gasens roll i kraftsystemet år 2050 ska bli möjlig måste olika aktörer hjälpas åt att dra strån till stacken. Industrin måste – uppenbart – vara den som gör investeringarna i såväl gasproduktionsanläggningar som i turbiner, motorer och logistiksystem. Men staten har också en viktig roll bl.a. i att:

- Fatta beslut om klimat- och miljölagstiftning som leder till måluppfyllelse 2050
- Handla upp hållandet av en effektreserv
- Införa Effektcertifikat
- Införa Klimatcertifikat
- Bidra ekonomiskt till investeringar i stora anläggningar som provar ny teknik
- Medverka till utarbetandet av en effektprissättningsmodell

Näringslivet kommer att:

- Bygga regionala gasnät
- Bygga biogasanläggningar
- Bygga förgasningsanläggningar för framställning av syngas och metan
- Bygga power-to-gas-anläggningar
- Bygga CCS-lager
- Bygga gaslager
- Bygga storskaliga gaskraftverk med gasturbiner
- Bygga småskaliga gaskraftverk med gasmotorer
- Forska om energisystem
- Driva nätverksinnovation i samarbete mellan flera olika aktörer för att finna systemsynergier

Näringslivet behöver driva ett aktivt opinionsarbete, i vissa fall med stöd från och i varje fall i samförstånd med staten, kring att:

- Effekt i framtiden kommer att kosta väsentligen mer pengar för kunderna än vi hittills är vana vid
- Skogsbruket kommer att förändras så att GROT och stubbar tas ut ur skogen istället för att lämnas kvar
- Carbon Capture and Storage (CCS) vinner allmän acceptans som en metod att rädda klimatet – såväl nationellt som lokalt där lager anläggs
- Tydliggöra hur energibolagen tar ut sina avgifter och varför man väljer att satsa på vilka investeringar

8.5 VÄGEN TILL 2050

Tabell 1 Några centrala komponenter i det svenska gassystemet år 2050 och vägen dit. K=Klart. P=Påbörjat. D=Diskussion i samhället/Demo

2020	2030	2040	2050	
K	K	K	K	Adekvat klimat- och miljölagstiftning finns på plats
K	K	K	K	Energibolagens prissättning utgår primärt från effekt snarare än energimängd
P	K	K	K	Det är allmänt accepterat att grenar, toppar, stubbar och andra restprodukter från skogsbruket tas ut ur skogen för användning som råvara vid förgasning och annan energiproduktion.
P	P	P	K	Storskaliga metaneldade gasturbiner (inkl. biometan och naturgas) för effektregering i elområde 3 och 4 är anlagda och i drift.
D	P	K	K	El-till-gas-anläggningar för framställning av syntetisk metan motsvarande den identifierade potentialen (≈ 4 TWh/år) är anlagda och i drift.
P	K	K	K	Klimat- samt effektcertifikat finns på plats och skapar incitament för gröna investeringar respektive effekthållning.
P	K	K	K	Biogasanläggningar för rötning motsvarande den identifierade potentialen (≈ 12 TWh) är anlagda och i drift.
P	P	P	K	Förgasningsanläggningar för framställning av biometan (storskaliga anläggningar) eller syngas (småskaliga anläggningar) motsvarande den identifierade potentialen (≈ 60 TWh/år) är anlagda och i drift.
P	P	P	P	FoU om energisystemet och gasens roll i det pågår
D	P	P	K	Innovation sker på ett naturligt sätt i nätverk mellan olika företag där skärningspunkterna mellan dem ses som ett guld i innovationshänseende.
	P	K	K	Batterilager som effektreserv är anlagda och i drift.
	P	P	K	Regionala gasnät finns på flera ställen främst i södra och mellersta Sverige och i normalfallet utan direkt koppling till dagens stamnät.
	P	P	K	Traditionella processindustrier, såsom kemisk massaindustri, plastindustri och förgasningsindustri har kopplats ihop/samlokaliseras till kombinat för att maximera nyttan av den producerade syngasen.
	P	K	K	Småskaliga syngaseldade gasmotorer för lokal effektregering i elområde 3 och 4 är anlagda och i drift.
	D	P	K	Avskiljning och slutförvar med CCS-teknik för att omhänderta den koldioxid som bildas vid gasförbränning i stationära anläggningar är anlagda och i drift.
	D	P	K	Två större lager för lagring av energi i form av gas finns anlagda och i drift.

9 Efterfrågan på gas från andra sektorer

SAMMANFATTNING

Gasen kan användas och ställas om mellan flera olika användningsområden såsom el- och värmeproduktion, produktion av biodrivmedel och/eller insatsråvara i kemiindustrin.

Efterfrågan på (förnybar) gas förväntas därför vara stor i framtiden, vars primära användningsområde i slutändan styrs av vilken sektor som erbjuder bäst betalt.

I den här studien ligger fokus på gasens potential i kraftsystemet och därvidlag framförallt för att tillgodose de stora behov av effektbalans som kan förutses uppstå i framtiden. Men gasen är attraktiv också ur många andra perspektiv, vilket delvis framskyntat på olika ställen i denna rapport. Redan idag är (bio-)gas i form av fordonsgas ett attraktivt grönt drivmedel för bussar och bilar. Sjöfartens jakt på lågsvavliga drivmedel har också gjort gas – i förlängningen biogas – högintressant som bränsle också i färjor. Gas – och då kanske framförallt i form av syngas – är en högintressant feedstock till plast- och kemikalieindustri. Att gasen kommer att vara efterfrågad också i framtiden råder det inget tvivel om. Frågan blir vem som betalar mest och därmed först skapar tillräcklig efterfrågan för investeringsbeslut att börja fattas. På den frågan finns en mängd olika möjliga svar, men samtliga dessa torde behöva föregås av statliga insatser på lagstiftningsområdet m.m.

10 Bilaga

Tabell 1. Sammanfattning prestanda och ekonomi för olika gastekniker. Data i tabellen är hämtade från källorna:

- (1) *Energiforsk rapport "El från nya och framtida anläggningar 2014"*. Om inget annat anges intill är samtliga data vad gäller både prestanda, utsläpp och kostnader tagna från denna referens.
- (2) *Rapport "Technology data for energy plants", Energinet DK, Energistyrelsen DK, 2012.*
- (3) *Rapport från Energimyndigheten: "Small Scale Gasification: Gas Engine CHP for Biofuels", J. Brandin, M. Tunér, I. Odenbrand, 2011*
- (4) *M.Genrup, LTH, 2015*
- (5) *F. Olsson, Öresundsverket, 2015*
- (6) *IEA-Dossier "International Status of Molten Carbonate Fuel Cells Technology 2015", S. J. McPhail m.fl.*
- (7) *J. Thelander, Karlstad Energi AB, 2015*
- (8) *Svenska kraftnät allmänna råd 2005:2*

	η_{el}	η_{tot}	Emissioner (NO _x , S, CO ₂)	Inv. kostnad kr/kW _{el}	Prod. kostnad el (öre/kWh)	Flexibilitet
Gasmotor naturgas – 1 MWe Bränslekostnad 320 kr/MWh, 5 000 drifttimmar, 6 % kapitalränta	40	86	75 mg NO ₂ /MJbränsle 0 mg S/MJbränsle 57 g CO ₂ /MJbränsle	Ca 10 000	72 (inkl. styrmedel, värmekreditering) 123 (exkl. styrmedel, värmekreditering)	Bränsleflexibel och kompatibel med förnybar energi Uppstart och lastreglering (10-100%) – minuter ^{2,3}
Förgasning biobränsle + gasmotor – 1 MWe Bränslekostnad 200 kr/MWh, 5 000 drifttimmar, 6 % kapitalränta	25	80	75 mg NO ₂ /MJbränsle 0 mg S/MJbränsle 0 g CO ₂ /MJbränsle	Ca 60 000	120 (inkl. styrmedel, värmekreditering) 243 (exkl. styrmedel, värmekreditering)	Kompatibel med fasta organiska bränslen, såväl fossila som förnybara. Lastreglering 10-100 % inom ett par minuter ² Kall start någon dag, varm start 0,25 timmar ²
Förgasning biobränsle + gasmotor – 5 MWe Bränslekostnad 200 kr/MWh, 5 000 drifttimmar, 6 % kapitalränta	31	91	Se ovan	Ca 50 000	94 (inkl. styrmedel, värmekreditering) 206 (exkl. styrmedel, värmekreditering)	Ungefär samma som ovan

	η_{el}	η_{tot}	Emissioner (NOx, S, CO ₂)	Inv. kostnad kr/kWel	Prod. kostnad el (öre/kWh)	Flexibilitet
Gasturbiner – naturgas 150 MWe, kondensdrift Bränslekostnad: 280 kr/MWh, 5 000 drifttimmar, 6 % kapitalränta	40	-	20 mg NO ₂ /MJbränsle 0 mg S/MJbränsle 57 mg CO ₂ /MJbränsle	Ca 5 000	82 (inkl. styrmedel) 79 (exkl. styrmedel) Ca 500 (inkl. styrmedel) om 100 drifttimmar	Bränsleflexibel och kompatibel med förnybar energi Lastreglering 22-50 MW/minut ^{4,5} Kall start-några timmar ⁴ Varm start ≤ 10 minuter ⁴
Gaskombikondens - naturgas, 420 MWe Bränslekostnad: 280 kr/MWh, 8 300 drifttimmar, 6 % kapitalränta,	58	-	10 mg/NO ₂ MJbränsle 0 mg S/MJbränsle 57 g CO ₂ /MJbränsle (naturgas)	Ca 7 000	62 (inkl. styrmedel) 59 (exkl. styrmedel)	Bränsleflexibel och kompatibel med förnybar energi Kall start - några timmar Varm start ≥ 30 minuter Lastreglering – initialt 22 MW/minut (gasturbinen styr), över en längre last-uppgång – ca 5 min (inkl. bidrag från ångturbinen) ⁵
Gaskombi-kraftvärme, 150 MWe Bränslekostnad: 280 kr/MWh, 5 000 drifttimmar, 6 % kapitalränta	51	84	20 mg/NO ₂ MJbränsle 0 S/MJbränsle 57 g CO ₂ /MJbränsle (naturgas)	Ca 9 000	57 (inkl. styrmedel och värme-kreditering) 74 (exkl. styrmedel och värme-kreditering)	Ungefär samma som ovan
BIGCC 66 MWeI – biobränsleeldad Bränslekostnad: 200 kr/MWh	42	90		Ca 20 000	75 (exkl. styrmedel men inkl. värme-kreditering)	Kompatibel med förnybar energi.

	η_{el}	η_{tot}	Emissioner (NO _x , S, CO ₂)	Inv. kostnad kr/kW _{el}	Prod. kostnad el (öre/kWh)	Flexibilitet
Bränslecellsteknik-MCFC/SOFC – MW Data angivna för naturgasdrift	50-60	90	0,1 mg NO ₂ /MJbränsle ²	Ca 30-50 000 ⁶		Bränsleflexibel och kompatibel med förnybar energi Kall start - från några timmar upp till en dag beroende på bränslecellstyp Varm start – några minuter Lastreglering (20-100 %) på några sekunder
Biobränsleeldad kraftvärme (80 MW) Bränslekostnad: 200 kr/MWh, 5 000 drifttimmar, 6 % kapitalränta	31	106	40 mg NO ₂ /MJbränsle 0 mg S/MJbränsle 0 g CO ₂ /MJbränsle	Ca 30 000	44 (inkl. styrmedel, värme-kreditering) 137 (exkl. styrmedel, värme-kreditering)	Kall start – ca 0,5-1 dygn ^{7,8} Varm start – några timmar ^{7,8} Lastväxling – 1-2 MW/min ^{7,8}

Tabell 2. Ungefärliga (produktions)kostnader för fossil och förnybar gas. Som jämförelse inkluderas även motsvarande kostnader för andra bränslen. RDF=Refuse Derived Fuel, sorterade avfallsfraktioner. Kostnaderna/priserna angivna i tabellen är hämtade från källorna:

- (1) *Elforsk-rapport 14:40 "El från nya och framtida anläggningar 2014", I. Nohlgren, m.fl.*
- (2) *LPG in World Markets – A monthly report on International Trends in LPG, Feb 2015 (givet pris ges för kontrakterat ej spot-pris) .*
- (3) *SGC Rapport 2014: 296 "Kostnadsbild för produktion och distribution av fordonsgas (Cost benchmarking of the production and distribution of biomethane/CNG in Sweden), J. Vestman, m.fl.*
- (4) *Renewtec report 002:2014, J. Held, 2014.*
- (5) *E.ON Gas Sverige AB, 2013.*
- (6) *Energimyndighetens energimarknadsrapport olja, gas, kol, v. 38, 2015*

Bränsle	Pris (kr/MWh, baserat på bränslets lägre energiinnehåll, LHV)
Naturgas	280–340 ¹
Gasol	221–227 ²
Rå biogas (rötning)	540 ³
Biometan (rötning) inkl. uppgradering & komprimering (motsvarande CNG-kvalitet)	850 ³
Biometan (5–33 MWth) (termisk förgasning)	1100 ⁴ (6 % kalkylränta, bränslekostnad: 200 kr/MW _{bränsle})
Biometan (350 MWth) (termisk förgasning)	668–809 ⁵ (8 % kalkylränta, bränslekostnad 180–250 kr/MW _{bränsle})
Avfall inkl. RDF	-130-50 ¹
Rest- och biprodukter från skogsbruket (t.ex. flis, grot)	200 ¹
Pellets	300 ¹
Kol	50–75 ⁵

GASENS ROLL I DET FRAMTIDA ENERGISYSTEMET

I takt med att kärnkraften fasas ut och intermittent kraft byggs växer också behovet av tillförlitlig och konkurrenskraftig effektkraft och/eller energilagring. Mycket pekar på att gasen i Sverige, inte minst den av förnybart ursprung, skulle kunna bidra med dessa, men också flera andra, viktiga tjänster som det framtida energisystemet så väl behöver. Denna rapport syftar till att beskriva de här olika tjänsterna och därmed också den potentiella roll som gasen kan spela i vårt energisystem framöver.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se